

## Εργασία 2.

### Έλεγχος ροής εξόδου αντλησιοταμιευτήρων

#### Εγκατάσταση

Οι αντλησιοταμιευτήρες χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν ενέργεια που παράγεται από άλλες πηγές σε περιόδους χαμηλής ενεργειακής ζήτησης, έτσι ώστε η ενέργεια αυτή να μπορεί να αποδοθεί σε περιόδους αυξημένης ζήτησης. Η πρωταρχική πηγή παραγωγής μπορεί να είναι είτε κάποια μονάδα ανανεώσιμης πηγής, π.χ. ανεμογεννήτριες, ή ακόμη και το ίδιο το δίκτυο.. Η ενέργεια που παράγεται από τις πηγές αυτές δεν αποθηκεύεται σε συσσωρευτές αλλά χρησιμοποιείται για να μεταφερθεί νερό σε υψηλότερο σημείο, και να χρησιμοποιηθεί αργότερα για να τροφοδοτήσει υδροστροβίλους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

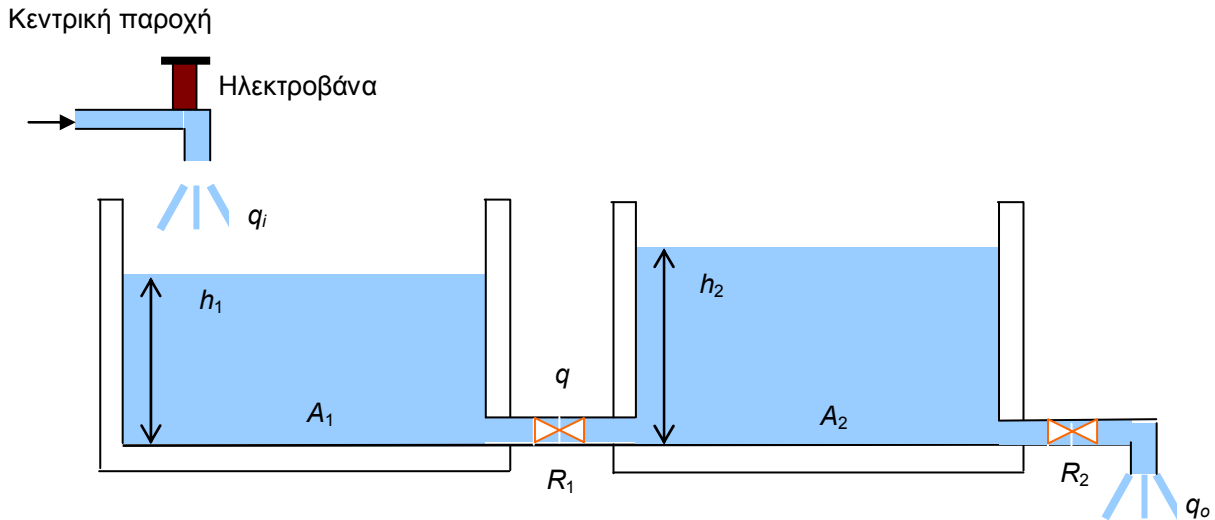


Σχήμα 1 Σύστημα αντλησιοταμιευτήρων στην περιοχή Turlough Hill, Wicklow της ανατολικής Ιρλανδίας

Όγκος άνω δεξαμενής  $2.300.000\text{m}^3$ , 4 αεριοστροβιλικές αντλίες 73MW

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που εξαρτάται από την ζήτηση, είναι ευθέως εξαρτώμενη από την ροή εξόδου  $q_o$  των δεξαμενών, και επομένως είναι πολύ σημαντική η ρύθμιση της. Οι αντλησιοταμιευτήρες τροφοδοτούνται από μία δευτερεύουσα παροχή (δες και

Σχ. 1), και η ροή τροφοδοσίας  $q_i$  μπορεί να ρυθμίζεται μέσω μίας ηλεκτροβάννας.



Οι (γραμμικοποιημένες) δυναμικές εξισώσεις που διέπουν το ανωτέρω σύστημα των διασυνδεδεμένων δεξαμενών είναι,

$$\begin{aligned}
 q_i(t) - q(t) &= A_1 \dot{h}_1(t) \\
 q(t) - q_o(t) &= A_2 \dot{h}_2(t) \\
 h_1(t) - h_2(t) &= q(t)R_1 \\
 h_2(t) &= q_o(t)R_2
 \end{aligned} \tag{1}$$

Οι τιμές των παραμέτρων είναι:  $R_1=10 \text{ s/m}^2$ ,  $R_2=20 \text{ s/m}^2$ ,  $A_1=25,12 \text{ m}^2$  (διάμετρος 2m),  $A_2=56,52 \text{ m}^2$  (διάμετρος 3m).

Οι δεξαμενές έχουν ύψος 6m, ενώ η μέγιστη ροή εισόδου είναι  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Ζητούμενο:** Επιθυμούμε να ελέγξουμε την ροή εξόδου  $q_o$  και ει δυνατόν τα ύψη των δεξαμενών  $h_1$ ,  $h_2$ , μέσω της μεταβλητής ελέγχου  $q_i$ .

Οι προδιαγραφές χρονικής απόκρισης σε είσοδο αναφοράς μοναδιαίας βαθμίδας είναι:

- Μηδενικό σφάλμα σταθερής κατάστασης.
- Χρόνος αποκατάστασης  $t_r$  (2%)  $\approx 400$  δευτ.
- Μέγιστη υπερύψωση  $M_p < 15\%$ .

Απαντήστε στα ακόλουθα:

1. Περιγράψτε πώς και βάσει ποιων φυσικών νόμων έχει εξαχθεί το μαθηματικό υπόδειγμα.
2. Βρείτε το μαθηματικό υπόδειγμα που περιγράφει το σύστημα στο χώρο κατάστασης με  $x_1(t)$ : ροή εξόδου από τη δεξαμενή 2,  $q_o(t)$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$x_2(t)$ : στάθμη νερού στη δεξαμενή 1,  $h_1(t)$  (m).

$u(t)$ : ροή εισόδου στη δεξαμενή 1,  $q_i(t)$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

3. Εξετάστε την ελεγχσιμότητα, παρατηρησιμότητα και ευστάθεια του ανοικτού συστήματος.
4. Για είσοδο αναφοράς  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  σχεδιάστε έναν ελεγκτή ανάδρασης εξόδου υποθέτοντας κατ' αρχή πλήρη μέτρηση του διανύσματος κατάστασης. Στη συνέχεια προσπαθήστε να επαναλάβετε τη σχεδίαση υποθέτοντας: (α) πλήρη παρατηρητή κατάστασης και (β) παρατηρητή κατάστασης μειωμένης τάξης (εδώ  $y(t)=x_1(t)$ ). Τί διαφορές παρατηρείτε; Για κάθε περίπτωση σχεδιάστε τα γραφήματα της απόκρισης του συστήματος, του απαιτούμενου σήματος ελέγχου και των υψών. Προσέξτε ώστε να πληρούνται οι προδιαγραφές και ει δυνατόν οι φυσικοί περιορισμοί (θετικές ροές και ύψη).
5. Μπορούν να ελεγχθεί ταυτόχρονα και το ύψος της μίας ή και των δύο δεξαμενών; Τί χρειάζεται γι' αυτό;
6. Τί αισθητήρες απαιτούνται για κάθε μία από τις περιπτώσεις του (4); Βρείτε στο Internet κατασκευαστές των αισθητήρων αυτών και παραθέστε στοιχεία (προδιαγραφές, τιμές).
7. Όλα τα παραπάνω να υποβληθούν γραπτά σε *WORD*, προσπαθώντας να τηρήσετε σωστούς κανόνες γραψίματος επιστημονικού κειμένου (θεωρήστε σαν πρότυπο τις σημειώσεις μου).

**Πηγή: Morris Driels (1996), Linear Control Systems Engineering. McGraw Hill.**